

16 JULI 2004

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP04/7353

REC'D 05 AUG 2004	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 31 228.5

Anmeldetag: 10. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: Pierburg Instruments GmbH, 41460 Neuss/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten
volumetrischen Durchflussvorgängen

IPC: F 02 M 65/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 6. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schäfer

BESCHREIBUNG

5

Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen

- 10 Die Erfindung betrifft Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen, mit einem rotatorischen Verdränger und einem zugeordneten translatorischen Volumendifferenznehmer, wobei ein Motor den rotatorischen Verdränger in Abhängigkeit der anliegenden Volumendifferenz antreibt, wobei der translatorische Volumendifferenznehmer im wesentlichen aus einem in einer Meßkammer angeordneten Kolben besteht, der das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit aufweist, wobei die Messkammer in einem Einlasskanal angeordnet ist, der in Strömungsrichtung hinter dem translatorischen Volumendifferenznehmer in einen Auslasskanal mündet und der rotatorische Verdränger in einer Bypassleitung zum
- 15
- 20 translatorischen Volumendifferenznehmer angeordnet ist.

Vor allem im Bereich direkteinspritzender Verbrennungskraftmaschinen, die nach dem Diesel- oder dem Ottoverfahren arbeiten, steigen die Anforderungen an die Einspritzsysteme hinsichtlich der zugemessenen Menge, dem Zeitpunkt und dem Verlauf der Einspritzung stetig. So sind Einspritzverläufe in den letzten Jahren dahingehend modifiziert worden, dass entweder die zuzumessende Einspritzmenge für einen Verbrennungszyklus in mehrere kleine Teileinspritzungen aufgetrennt wird oder die Ratenverlaufsformung über die Modulation des Kraftstoffdrucks oder andere ratenmodulierende Maßnahmen kontrolliert wird. Dazu müssen entsprechende Meßvor-

25

30 richtungen zur Verfügung gestellt werden.

Entsprechend wird in der DE 31 39 831 A1 ein Verfahren beschrieben, bei dem ein Meßkolben durch die in eine Meßkammer eingespritzte Kraftstoffmenge bewegt wird. Aus dem dabei zurückgelegten Weg des Kolbens wird auf die Einspritzmenge ge-

schlossen. Nach einer bestimmten Anzahl von Einzeleinspritzungen erfolgt die Rückführung des Meßkolbens in seine Ausgangsposition. Erfasst werden dabei jeweils die Endstellungen des Meßkolbens. Bei diesem Verfahren treten jedoch aufgrund der Trägheit der Kolbenmasse sowie der auftretenden Reibung für heutige
5 Verhältnisse zu große Meßungenauigkeiten auf.

So wird in der DE 39 16 419 A1 eine elektromagnetisch gesteuerte Meßvorrichtung beschrieben, welche die Vorrichtung gemäß der DE 31 39 831 A1 weiterentwickelt, wobei hier die Meßkammer nach jeder Einspritzung entleert wird. Hierdurch können
10 zwar aufgrund der geringeren zu vermessenden Gesamtvolumina genauere Meßergebnisse erzielt werden, es bleibt jedoch das Problem der relativ großen zu bewegendenden Kolbenmasse, wodurch nach wie vor Schwingungen und Verzögerungen im System auftreten. Eine genaue Vermessung beispielsweise einer Nacheinspritzung und deren Verlaufsanalyse ist somit nicht möglich. Des weiteren erfolgt die Entla-
15 dung des jeweiligen Meßkolbens mit einem Entladeventil, so dass sehr kurz aufeinander folgende Einspritzungen, wie sie im Normalbetrieb eines Verbrennungsmotors üblich sind, nicht aufgelöst werden können.

Eine Weiterentwicklung dieser Vorrichtung zur Verbesserung der Meßgenauigkeit
20 wird in der DE 44 34 597 A1 vorgeschlagen. Dabei wird die Rückstellgeschwindigkeit des Meßkolbens konstant gehalten, so dass die Schaltverzögerung des Magnetventils beim Entleeren mitberücksichtigt werden kann. Trotz dieser verbesserten Reproduzierbarkeit der Kolbenausgangslage verbleibt nachteilhaft die Schwingungsanfälligkeit des Systems nicht zuletzt aufgrund der relativ großen Kolbenmasse. Des
25 weiteren bleibt eine Auflösung zeitnaher Einzeleinspritzungen sowie deren Verläufe aufgrund der Trägheit des Gesamtsystems unmöglich.

In der DE 41 30 394 A1 wird ein Einspritzmengenmeßgerät vorgeschlagen, bei dem die Einspritzung in einen geschlossenen Druckbehälter erfolgt. Nach Messung des
30 jeweils nach Vor- bzw. Haupteinspritzung in diesem Druckbehälter anstehenden Druckes wird erneut ein Ventil geschaltet, so dass die eingespritzte Menge in einen Meßbereich abgelassen wird, in dem sich wiederum ein durch die Flüssigkeit bewegter Kolben befindet, so dass aus der Bewegung des Kolbens auf das eingespritzte Volumen geschlossen werden kann. Durch eine solche Ausführung wird es

zwar möglich die Einspritzvorgänge bezüglich Haupt- bzw. Vor- oder Nacheinspritzung aufzulösen, eine quantitative Aussage bezüglich der Einspritzverläufe während beispielsweise einer Haupteinspritzung bleibt jedoch unmöglich, da keine kontinuierliche Druckmessung vorliegt. Des weiteren ist ein solcher Aufbau nicht dafür geeignet Messungen am laufenden Motor durchzuführen, da mehrere aufeinander folgende Arbeitszyklen in der dort ablaufenden Geschwindigkeit nicht gemessen werden können.

In der WO 00/79125 wird das Meßprinzip aus der DE 41 30 394 A1 übernommen. Allerdings wird der Druck im Druckbehälter kontinuierlich gemessen, so dass Aussagen über den Verlauf jeder Einzeleinspritzung möglich werden. Der Aufbau ist jedoch sehr komplex, so dass eine Vielzahl von Einflußgrößen die Meßgenauigkeit und die Zuverlässigkeit der Anlage reduzieren. Auch bei einer solchen Vorrichtung ist es nicht möglich, diese am laufendem Motor zu nutzen.

15

In der DE 1 798 080 wiederum wird ein elektronisch gesteuertes Durchflußmeß- und Dosiergerät beschrieben, welches in einem großen Meßbereich Durchflüsse mit hoher Genauigkeit messen kann. Dieses Meßgerät ist für die Sofortmessung von Durchflüssen aufgrund seiner extrem geringen Trägheit optimal geeignet, jedoch nicht in der Lage zyklussynchrone Durchflußrateninformationen anzuzeigen. Dies bedeutet, dass es nicht möglich ist, zeitgleich zum Arbeitszyklus eines Otto- oder Dieselmotors die genauen Verläufe der zu messenden Einspritzvorgänge sowie deren Periodizität darzustellen.

25 Mit Ausnahme dieser Vorrichtung ist allen bekannten Vorrichtungen gemeinsam, dass lediglich diskontinuierliche Durchflüsse stromabwärts der Einspritzvorrichtungen meßbar sind. Dies birgt den Nachteil das eine Durchflußratenmessung in Kombination mit einer optischen Untersuchung der Strahlausbreitung eines Einspritzstrahles nicht möglich ist.

30

Entsprechend ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Messung von zeitlichen aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen zu schaffen, die mit einer hohen Meßgenauigkeit quantitativ und qualitativ auswertbare Ergebnisse erzielt, wobei diese Vorrichtung auch vor einem Einspritzventil positionierbar sein soll sowie in der

Lage sein soll an einem laufenden Motor kontinuierlich Einspritzmengen und -verläufe zu messen. Dies ermöglicht die Stabilität der Einspritzungen von Zyklus zu Zyklus und von Einspritzventil zu Einspritzventil quantitativ über statistische Kenngrößen beurteilen zu können. Entsprechend müssen Meßwerte wie die Einspritzrate
5 oder auch die Teilmengen von Mehrfacheinspritzungen, sowie über einen längeren Verlauf die gesamt eingespritzte Menge, sichtbar gemacht werden können.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der translatorische Volumendifferenznehmer zusätzlich einen Sensor aufweist, dessen erzeugte Spannung ein Maß für
10 die Auslenkung des Kolbens darstellt, und der mit einer Auswerteeinheit verbunden ist, die kontinuierlich die Auslenkung des Kolbens in der Meßkammer erfasst, und dass die Steuerung des rotatorischen Verdrängers derart erfolgt, dass während eines Arbeitszyklus die Drehzahl des Verdrängers konstant ist und dem mittleren Durchfluß über den gesamten Arbeitszyklus im wesentlichen entspricht. Entsprechend ergibt
15 sich als Kolbenweg ein sägezahnförmiges Signal, da sich die Bewegung des Kolbens aus einer kontinuierlichen Bewegung aufgrund der Drehzahl des rotatorischen Verdrängers sowie einer diskontinuierlichen Bewegung aufgrund der Einzeleinspritzungen zusammensetzt. Ein Arbeitszyklus entspricht dabei beispielsweise einer Vor-, einer Haupt- und einer Nacheinspritzung. Dadurch dass das spezifische Gewicht des
20 Kolbens dem der Meßflüssigkeit entspricht und der Kolben frei beweglich angeordnet ist, werden Durchflußänderungen nahezu ohne Zeitverzögerung über eine entsprechende Spannungsänderung am Sensor erkannt und durch die Übergabe an die Auswerteeinheit können diese Ergebnisse auf einfache Art und Weise in eine Einspritzmenge sowie einen Einspritzverlauf umgerechnet werden. Es wird deutlich,
25 dass eine solche Vorrichtung dazu geeignet ist, kontinuierlich an einem laufendem Motor mit vielen aufeinander folgenden Einspritzvorgängen also Arbeitszyklen verwendet zu werden, da eine Entleerung der Meßkammern durch beispielsweise Ventile, wie im Stand der Technik, nicht mehr notwendig ist. Des weiteren kann eine solche Vorrichtung sowohl vor als auch nach einem Kraftstoffeinspritzventil eingebaut
30 werden.

In einer weiterführenden Ausgestaltung der Erfindung ist in der Meßkammer ein Drucksensor angeordnet, der mit der Auswerteeinheit verbunden ist. Dadurch kann

bei der Berechnung der Einspritzmenge auch die Kompressibilität des Fluids entsprechend berücksichtigt werden.

Zusätzlich kann in der Meßkammer ein Temperatursensor angeordnet sein, der mit
5 der Auswerteeinheit verbunden ist, so dass auch die Temperatur im Raum in die Berechnung mit einbezogen werden kann, wodurch die Genauigkeit der Messung weiter gesteigert wird, da aufgrund des Druck- und Temperatursignals der Kolbenweg in einen idealen Kolbenweg umgerechnet werden kann, der sich bei isobaren und isothermen Bedingungen während der Messung ergeben würde. Entsprechend wird
10 auch das Kompressibilitätsmodul des Fluids als Funktion von Temperatur und Druck berücksichtigt.

Der Sensor des translatorischen Volumendifferenzaufnehmers kann dabei ein optischer, induktiver oder nach dem Wirbelstromprinzip arbeitender Sensor sein. Diese
15 Sensoren arbeiten nahezu trägheitslos und liefern somit sehr genaue Meßwerte.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der rotatorische Verdränger als Zahnradpumpe ausgeführt ist, da diese extrem pulsationsarm fördert.

20 Zur einfachen Auswertung der gesamten Durchflußmenge hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Motor als Servomotor ausgeführt wird und einen Bewegungssensor aufweist, der mit der Auswerteeinheit und einer Regелеlektronik verbunden ist, wobei das Signal des Bewegungssensors ein Maß für die Drehzahl des rotatorischen Verdrängers darstellt. Über die Signale beispielsweise des optischen Sensors
25 und des Bewegungssensors kann der rotatorische Verdränger auf einfache Art und Weise geregelt werden.

Dabei wird vorteilhafterweise der Bewegungssensor als Impulsgeberscheibe ausgeführt, wodurch eine zuverlässige und sehr genaue Ermittlung der Verdrängerdrehzahl
30 ermöglicht wird.

Vorteilhafterweise ist die hydraulische Länge von einem Kraftstoffeinspritzventil zur Eingangsseite des rotatorischen Verdrängers gleich der hydraulischen Länge zur Ausgangsseite des rotatorischen Verdrängers, wodurch es möglich wird, den Ver-

dränger ohne anliegende Druckdifferenz zu betreiben und so exakt zu jedem Zeitpunkt die bis dahin eingespritzte Menge bestimmen zu können.

Bei einer Verwendung zur Messung von Einspritzvorgängen in Verbrennungskraft-
5 maschinen kann es aufgrund der Kompressibilität des Fluids zu einer Fortpflanzung von Druckwellen durch den gesamten Meßaufbau kommen. Zur Entkopplung von unerwünschten Reflexionen dieser Druckwellen ist erfindungsgemäß das Durchflußmeßgerät zwischen mindestens einem Kraftstoffeinspritzventil und einem Laufzeitrohr angeordnet.

10

Es wird somit eine Vorrichtung geschaffen, die es ermöglicht, kontinuierlich und zeitlich aufgelöst volumetrische Durchflußvorgänge zu messen, wobei der Aufbau sehr einfach ist und dennoch sehr hohe Meßgenauigkeiten erzielbar sind. Hierdurch können qualitativ und quantitativ genaue Aussagen über Einspritzverläufe und Einspritzmengen sowie deren Stabilität getätigt werden. Meßwerte wie die Einspritzrate oder auch die Teilmengen von Mehrfacheinspritzungen sowie die im selben oder einem längeren Zeitraum gesamt eingespritzte Menge können mit dieser Vorrichtung sichtbar gemacht werden.

20 Des weiteren ist der zur kontinuierlichen Messung verwendete rotatorische Verdränger auf konventionelle Weise kalibrierbar, so dass durch Korrelation der Messwerte damit in vergleichbar einfacher Weise ebenfalls die Einzelschussmessungen kalibrierbar sind.

25 Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist in den Figuren dargestellt und wird nachfolgend beschrieben.

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung hinter einem Einspritzventil.

30

Figur 2 zeigt beispielhaft typische Kolbenverläufe ohne kontinuierlichen Anteil durch die Zahnradpumpe während eines Arbeitszyklus mit zwei Vor-, einer Haupt- und zwei Nacheinspritzungen sowie den resultierenden Einspritzmengenverlauf.

In Figur 1 ist ein Aufbau zur Vermessung von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen dargestellt. Sie besteht aus einer einen Durchfluß erzeugenden nicht dargestellten Einrichtung, in diesem Fall in der Regel einer Hochdruckpumpe und einem Kraftstoffeinspritzventil 1, über welches Kraftstoff in die Meßvorrichtung 2 eingespritzt wird. Die Meßvorrichtung 2 besteht aus einem Einlaßkanal 3, in dem eine Meßkammer 4 angeordnet ist, in der wiederum ein Kolben 5 frei verschiebbar angeordnet ist, wobei der Kolben 5 das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit, also der Kraftstoff aufweist. Dieser Kolben 5 in der Meßkammer 4 dient als translatorischer Volumendifferenznehmer. An der Meßkammer 4 ist ein Sensor 6 angeordnet, der in Wirkverbindung mit dem Kolben 5 steht und in dem durch die Auslenkung des Kolbens 5 eine von der Größe der Auslenkung des Kolbens 5 abhängige Spannung erzeugt wird.

Zusätzlich ist in einer den translatorischen Volumendifferenznehmer umgehenden Bypassleitung 7, welche möglichst kurz hinter dem Einspritzventil 1 abzweigt, ein rotatorischer Verdränger in Form einer Zahnradpumpe 8 angeordnet ist. Die Zahnradpumpe 8 wird über eine Kupplung 9 von einem Servomotor 10 angetrieben. Sowohl die Einlassleitung 3 als auch die Bypassleitung 7 münden in einen Auslaßkanal 11.

Der Sensor 6 ist mit einer Auswerteeinheit 12 verbunden, welche die Werte dieses Sensors 6 sowie die Umdrehungszahl des Motors 10, der mit einem Bewegungssensor in Form eines Impulsgebers 13 verbunden ist, aufnimmt und weiterverarbeitet. Der Sensor 6 ist hier als optischer Sensor ausgeführt. In der Meßkammer 4 zwischen dem Kolben 5 und der Einspritzvorrichtung 1 ist ein Drucksensor 14 sowie ein Temperatursensor 15 angeordnet, die kontinuierlich die in diesem Bereich auftretenden Drücke und Temperaturen messen und wiederum der Auswerteeinheit 12 zuführen. Zur Verhinderung von Reflexionen entstehender Druckwellen wird hinter dem Auslaßkanal 11 der Meßvorrichtung 2 ein nicht dargestelltes Laufzeitrohr angeordnet, wodurch die Druckwellen vom Meßvorgang zeitlich entkoppelt werden.

Der Ablauf der Messungen wird im folgenden beschrieben. Wird Kraftstoff vom Kraftstoffeinspritzventil 1 in die Meßvorrichtung 2 beziehungsweise den Einlaßkanal

3 eingespritzt, reagiert der Kolben 5 ohne Verzögerung, also trägheitsfrei, da er das gleiche spezifische Gewicht wie der Kraftstoff aufweist sofort identisch der zugeführten Kraftstoffsäule, so dass seine Auslenkung ein Maß für das Volumen der eingespritzten Kraftstoffmenge darstellt. In der Messkammer 4, dem Einlasskanal 3, über den Kolben sowie über die Zahnradpumpe 8 entsteht dabei keine Druckdifferenz, da die hydraulischen Längen vom Einspritzventil 1 zur Eingangs- und zur Ausgangsseite der Zahnradpumpe 8 gleich gehalten werden. Die im Bypasskanal 7 angeordnete Zahnradpumpe 8 wird gleichzeitig mit einer Drehzahl angetrieben, die abhängig ist von der Auslenkung des Kolbens 5 und somit von der eingespritzten Kraftstoffmenge. Die Regelung erfolgt allerdings derart, dass über einen Arbeitszyklus also beispielsweise Voreinspritzung, Haupteinspritzung, Nacheinspritzung die Drehzahl der Zahnradpumpe 8 konstant gehalten wird und lediglich bei auftretenden Abweichungen, das heißt einer Stellung des Kolbens 5 am Ende eines Zyklus, der nicht der Ausgangsstellung vor dem Arbeitszyklus entspricht, nachgeregelt wird. Dazu werden in einer Regelelektronik 16 die Werte des Sensors 6 zu Beginn und am Ende eines Arbeitszyklus unter zu Hilfenahme der Werte der Impulsgeberscheibe 13 miteinander verglichen und ein entsprechendes Signal zur Ansteuerung des Motors 10 erzeugt.

20 Die Auslenkung des Kolbens 5 entsteht somit durch Überlagerung eines Anteils mit konstanter Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung zur Auslenkungsrichtung bei einer Einspritzung sowie eines diskontinuierlichen Anteils während eines Einspritzvorgangs. Somit ergibt sich für die Bewegung des Kolbens 5 in graphischer Darstellung im wesentlichen ein Sägezahnprofil, wobei der kontinuierliche Anteil der Kolbenbewegung durch die Drehung der Zahnradpumpe 8 durch lineare Regression vorausberechnet wird. Die gesamte Meßvorrichtung 2 ist möglichst nah am Einspritzventil 1 anzuordnen, um Einflüsse durch die Kompressibilität des Fluids möglichst gering zu halten. Mit Hilfe des in der Meßkammer 4 angeordneten Drucksensors 14 und des Temperatursensors 15 wird in der Auswerteeinheit 12 das Signal des Sensors 6, also das durch die Bewegung des Kolbens 5 entstehende Signal, in eine Kraftstoffeinspritzmenge über die Zeit umgerechnet. Dazu wird automatisch der kontinuierliche Anteil der durch die Zahnradpumpe 8 entstehenden Bewegung von dem tatsächlich zurückgelegten Weg also den Werten des Sensors 6 subtrahiert. Entsprechend erhält die Auswerteeinheit 12 vom Impulsgeber 13 am Servomotor 10

die entsprechenden Signale zur Bestimmung des Durchflusses durch die Zahnradpumpe 8. Die Umrechnung in der elektronischen Auswerteeinheit 12 erfolgt über eine physikalisch basierte Modellrechnung, bei der der tatsächlich gemessene Kolbenweg mit Hilfe des Druck- und Temperatursignals in einen idealen Kolbenweg umgerechnet wird, der sich bei isobaren und isothermen Bedingungen während der Messung einstellen würde. Entsprechend wird in dieser Rechnung auch das Kompressibilitätsmodul des Fluids als Funktion von Temperatur und Druck berücksichtigt. Selbstverständlich vereinfacht sich diese Rechnung sehr deutlich durch die gleichbleibende Drehgeschwindigkeit der Zahnradpumpe 8 und somit den kontinuierlichen Bewegungsanteil des Kolbens 5.

In Figur 2 ist der über eine induktive Abtastung gemessene Nadelhub 17 des Kraftstoffeinspritzventils 1, der vom Sensor 6 gemessene Kolbenweg 18, wobei der kontinuierliche Anteil durch die Zahnradpumpe 8 bereits herausgerechnet wurde, der vom Drucksensor 14 gemessene Druckverlauf 19, der mit Hilfe des Druckverlaufs 19 korrigierte Kolbenweg 20 sowie der aus diesen Daten berechnete resultierende Einspritzmengenverlauf 21 des Kraftstoffeinspritzventils 1 über die Zeit dargestellt. Es wird deutlich, dass durch die erste Voreinspritzung 22 der Kolben 5 in der Meßkammer 4 ausgelenkt wird und der Druck in der Messkammer 4 ansteigt. Durch die Auslenkung des Kolbens 5 fällt der Druck in der Meßkammer 4 danach wieder ab. Die konstante Bewegung der Zahnradpumpe 8 führt dazu, dass der tatsächlich gemessene Weg, aus dem der Kolbenweg 18 abgeleitet wird, einen stetigen Abfall aufweist. Der tatsächlich gemessene Weg ist nicht dargestellt. Entsprechend ergeben sich die Druck- und Kolbenwegverläufe 18-21 bei der folgenden zweiten Voreinspritzung 23 sowie der Haupt- 24 und den zwei Nacheinspritzungen 25,26. Die Zahnradpumpe 8 ist so geregelt, dass der Druck und somit die tatsächliche Stellung des Kolbens 5 bei Abschluß des Arbeitszyklus wieder der Ausgangslage entsprechen.

Durch die unmittelbare Bewegung des Kolbens 5 aufgrund seiner nahezu nicht vorhandenen Trägheit sind hier während des Arbeitszyklus auch Änderungen im Mikrosekundenbereich meß- und verwertbar, so dass diese Meßvorrichtung 2 in der Lage ist, Vergleiche zwischen verschiedenen Einspritzventilen 1 bezüglich ihrer Einspritzmengen und insbesondere auch der zeitlichen Verläufe der Einspritzvorgänge zu machen. Der Gesamtdurchfluß über ein gewisses Zeitintervall ergibt sich aus der

Ausgabe des Impulsgebers 13 der Zahnradpumpe 8. Das Zeitintervall wird mit den Einspritzungen synchronisiert.

Alternativ kann die oben beschriebene Meßvorrichtung 2 auch vor dem Kraftstoffeinspritzventil 1 angeordnet sein, wobei dann auch das Laufzeitrohr vor der Durchflußmessung angeordnet wird, so dass die gesamte Meßvorrichtung 2 zwischen der Hochdruckpumpe und dem Kraftstoffeinspritzventil 1 angeordnet ist. Zusätzlich ist es denkbar, entsprechende Sicherheitsfunktionen bei Übersteuerung im Volllastbereich vorzusehen, indem beispielsweise ein Bypaßkanal zur Meßkammerauslaßseite derart gelegt wird, dass bei einer zu großen Auslenkung des Kolbens 5 hier Flüssigkeit überströmen kann.

Ferner wird deutlich, dass eine solche Vorrichtung auch zur Messung von anderen Durchflußvorgängen geeignet ist.

15

Diese erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht eine Messung von Durchflußvorgängen am laufenden Motor vor oder hinter dem Einspritzventil mit einer beliebigen Anzahl aufeinander folgender Kraftstoffeinspritzimpulse. So wird es möglich, quantitativ und qualitativ hochwertige Aussagen zu Einspritzmengen, Einspritzverläufen zu machen und unterschiedliche Einspritzventile zu beurteilen.

20

PATENTANSPRÜCHE

5

1. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen, mit einem rotatorischen Verdränger und einem zugeordneten translatorischen Volumendifferenznehmer, wobei ein Motor den rotatorischen Verdränger in Abhängigkeit der anliegenden Volumendifferenz antreibt, wobei der translatorische Volumendifferenznehmer im wesentlichen aus einem in einer Meßkammer angeordneten Kolben besteht, der das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit aufweist, wobei die Messkammer in einem Einlasskanal angeordnet ist, der in Strömungsrichtung hinter dem translatorischen Volumendifferenznehmer in einen Auslasskanal mündet und der rotatorische Verdränger in einer Bypassleitung zum translatorischen Volumendifferenznehmer angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der translatorische Volumendifferenznehmer (4,5) zusätzlich einen Sensor (6) aufweist, dessen erzeugte Spannung ein Maß für die Auslenkung des Kolbens (5) darstellt, und der mit einer Auswerteeinheit (12) verbunden ist, die kontinuierlich die Auslenkung des Kolbens (5) in der Meßkammer (4) erfasst, und dass die Steuerung des rotatorischen Verdrängers (8) derart erfolgt, dass während eines Arbeitszyklus die Drehzahl des Verdrängers (8) konstant ist und dem mittleren Durchfluß über den gesamten Arbeitszyklus im wesentlichen entspricht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Meßkammer (4) ein Drucksensor (14) angeordnet ist, der mit der Auswerteeinheit (12) verbunden ist.

30

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Meßkammer (4) ein Temperatursensor (15) angeordnet ist, der mit der Auswerteeinheit (12) verbunden ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (6) ein optischer, induktiver oder nach dem Wirbelstromprinzip arbeitender Sensor ist.
- 5 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der rotatorische Verdränger (8) als Zahnradpumpe ausgeführt ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motor als Servomotor (10) ausgeführt ist und einen Bewegungssensor (13) aufweist, der mit der Auswerteeinheit (12) und einer Regelelektronik (16) verbunden ist, wobei das Signal des Bewegungssensors (13) ein Maß für die Drehzahl des rotatorischen Verdrängers (8) darstellt.
10
7. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bewegungssensor (13) als Impulsgeberscheibe ausgeführt ist.
15
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hydraulische Länge von einem Kraftstoffeinspritzventil (1) zur Eingangseite des rotatorischen Verdrängers (8) gleich der hydraulischen Länge zur Ausgangsseite des rotatorischen Verdrängers (8) ist.
20
9. Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Meßvorrichtung (2) zwischen mindestens einem Kraftstoffeinspritzventil (1) und einem Laufzeitrohr angeordnet ist.
25

Fig.1

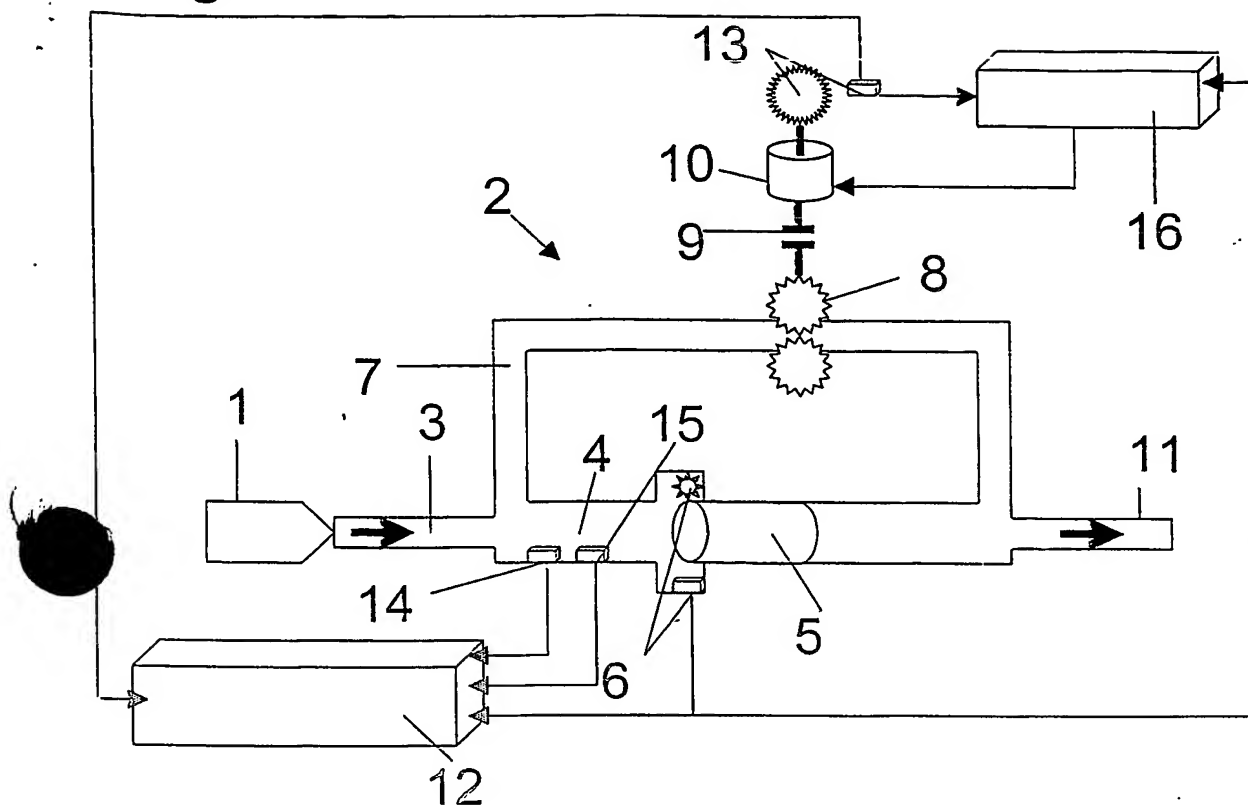
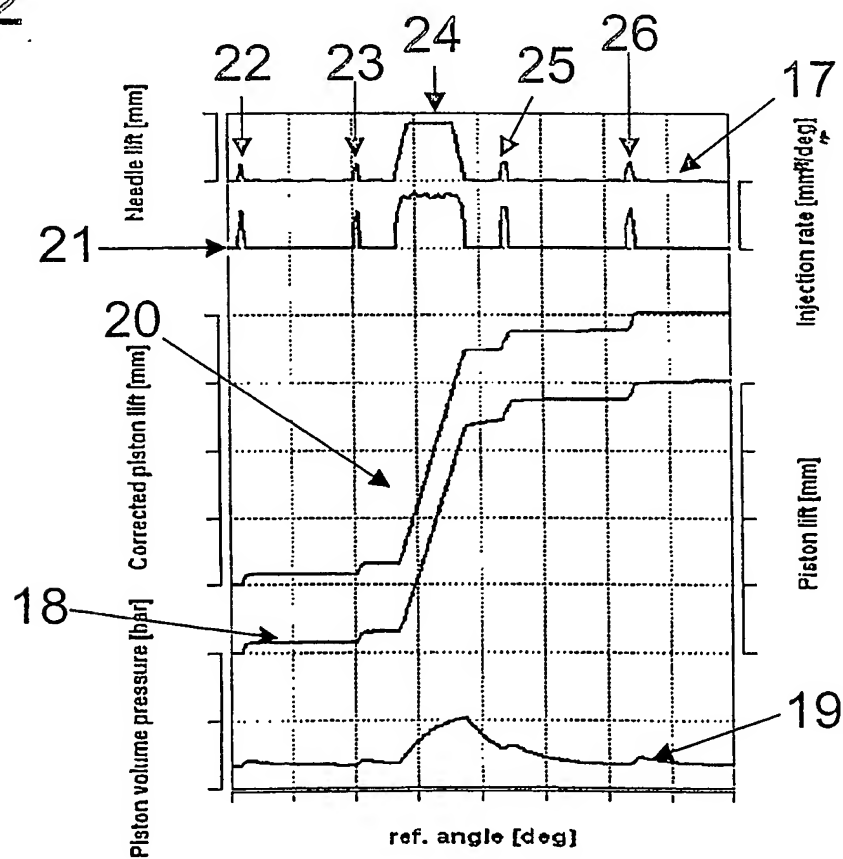


Fig.2



ZUSAMMENFASSUNG

Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchfluß- 10 vorgängen



Figur 1

15 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von zeitlich aufgelösten volumetrischen Durchflußvorgängen insbesondere von Einspritzvorgängen bei Verbrennungskraftmaschinen. Diese Meßvorrichtung (2) besteht im wesentlichen aus einem in einer Bypassleitung (7) zu einem Einlasskanal (3) angeordneten rotatorischen Verdränger (8) und einem in dem Einlasskanal (3) translatorischen Volumendifferenz-
20 renzaufnehmer (4,5), der im wesentlichen aus einem in einer Messkammer (4) angeordneten beweglichen Kolben (5) besteht, der das gleiche spezifische Gewicht wie die Meßflüssigkeit aufweist. Dem Kolben (5) ist ein Sensor (6) zugeordnet, dessen erzeugte Spannung ein Maß für die Auslenkung des Kolbens (5) bei auftretenden Einspritzungen darstellt. Die erzeugte Spannung wird an eine Auswerteeinheit (12)
25 übertragen, die kontinuierlich die Auslenkung des Kolbens (5) in der Meßkammer (4) erfasst und zeitlich hoch aufgelöste Durchflußvorgänge graphisch darstellt. Eine Regelelektronik (16) sorgt dafür, dass die Steuerung des rotatorischen Verdrängers (8) derart erfolgt, dass während eines Arbeitszyklus der Einspritzanlage, die Drehzahl des rotatorischen Verdrängers (8) konstant bleibt und dem mittleren Durchfluß über
30 den gesamten Arbeitszyklus im wesentlichen entspricht.

Die Vorrichtung ermöglicht eine zeitlich hochaufgelöste Darstellung von Durchflußvorgängen, so dass sowohl Gesamtmengen als auch genaue Verläufe darstellbar und auswertbar sind.

Fig.1

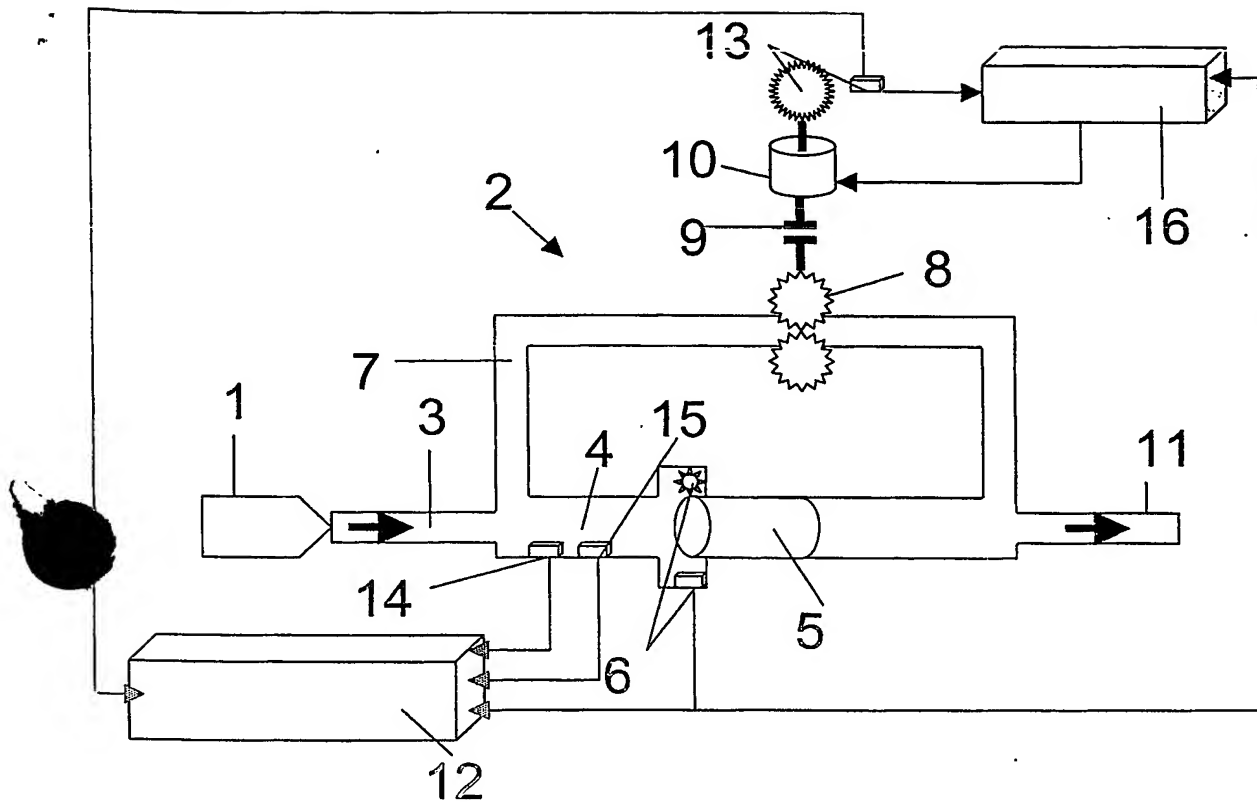


Fig.2

